



Ríos en Riesgo de Venezuela 1

Douglas Rodríguez Olarte
Editor

Información



Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado. UCLA
RIF G200000775 / www.ucla.edu.ve

| | |
|---|--|
| Rector Francesco LEONE | Vicerrectora Académica Nelly VELÁSQUEZ |
| Vicerrector Administrativo Edgar ALVARADO | Secretario General Edgar RODRÍGUEZ |
| Decano de Agronomía Nerio NARANJO | |

Museo de Ciencias Naturales UCLA
Colección Regional de Peces
Colección Recursos Hidrobiológicos de Venezuela

Serie

Ríos en Riesgo de Venezuela (Volumen 1)

Editor
Douglas RODRÍGUEZ OLARTE

Revisión de textos y estilo
Donald C. TAPHORN, Crispulo J. MARRERO

Diseño y diagramación
Douglas RODRÍGUEZ OLARTE

Sugerencias de cita. Obra completa: Rodríguez-OlarTE, D. (Editor). 2017. *Ríos en riesgo de Venezuela. Volumen 1.* Colección Recursos hidrobiológicos de Venezuela. Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado (UCLA). Barquisimeto, Lara. Venezuela.

Capítulo: Galán, C. y Herrera, F. 2017. Ríos subterráneos y acuíferos kársticos de Venezuela: Inventario, situación y conservación. Capítulo 7 (pp: 153-171). En: Rodríguez-OlarTE, D. (Editor). *Ríos en riesgo de Venezuela. Volumen 1.* Colección Recursos hidrobiológicos de Venezuela. Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado (UCLA). Barquisimeto, Lara. Venezuela.

Primera edición digital: 15 febrero 2017

© los autores, 2017

236 p. Incluye bibliografías, figuras y tablas

Depósito Legal. Biblioteca Nacional de Venezuela: LA2016000137

ISBN Obra completa: 978-980-12-9274-6

ISBN Volumen 1 digital: 978-980-12-9350-7

ISBN: 978-980-12-9274-6



1. Ecosistemas fluviales. 2. Geografía y clima. 3. Calidad de aguas. 4. Insectos acuáticos. 5. Ictiofauna. 6. Vegetación. 7. Perturbaciones. 8. Conservación. 9. Venezuela.

Esta publicación y su contenido no representan necesariamente la expresión de opinión o juicio por parte de las instituciones de adscripción de los autores, incluyendo denominaciones, opiniones, inclusión de nombres, registros, datos o información complementaria proporcionada por los autores. Así, todos los aportes y opiniones expresadas son de la entera responsabilidad de los autores correspondientes.

Contenidos

Autorías y equipo de evaluación / 4

Agradecimientos / 8

Introducción / 9

Sección I

Coberturas regionales y casos especiales

- 1 Los ríos en la vertiente occidental del Lago de Maracaibo / 15-28
José E. RINCÓN
- 2 El Chama: un río andino en riesgo / 29-58
Samuel SEGNINI y María Marleny CHACÓN
- 3 Río Turbio: un síndrome urbano en la vertiente andina del Orinoco / 59-74
Douglas RODRÍGUEZ-OLARTE, Margenny BARRIOS, Crispulo J. MARRERO
y Lué Merú MARCÓ
- 4 Los ríos de los llanos de Apure / 75-107
José V. MONTOYA, Anais OSÍO, Mary C. PÉREZ y Víctor PINEDA
- 5 El bajo río Orinoco: aspectos hidrosedimentológicos, geoquímicos e influencia
antrópica / 109-126
Abrahan MORA, Alain LARAQUE y José Luis LÓPEZ
- 6 Los ríos del Delta del Orinoco: situación y riesgo / 127-149
José Antonio MONENTE, Giuseppe COLONNELLO y Olga HERRERA

Sección II

Valor de patrimonio y eventos transversales

- 7 Ríos subterráneos y acuíferos kársticos de Venezuela: inventario, situación y
conservación / 153-171
Carlos GALÁN y Francisco F. HERRERA
- 8 Escenarios de cambio climático y la conservación de los ríos de Venezuela /
173-188
Carlos MÉNDEZ, Meimalin MORENO, José Vicente MONTOYA, Ana FELICIEN, Nina
NIKONOVA y Carmen BUENDÍA
- 9 La conservación de ambientes acuáticos: petróleo y otras actividades mineras
en Venezuela / 189-201
Antonio MACHADO-ALLISON
- 10 El Estado y las leyes en la protección de los ríos en Venezuela / 203-219
Juan Riestra
- 11 El derecho internacional fluvial y los ríos transfronterizos de Venezuela: casos
Carraipía-Paraguachón, Arauca y Barima / 221-236
Juan Carlos SAINZ-BORGO y Josmar FERNÁNDEZ

Río Turbio: un síndrome urbano en la vertiente andina del Orinoco

Douglas RODRÍGUEZ-OLARTE^{1, 5}, Margenny BARRIOS GÓMEZ^{1, 2, 5},
Crispulo J. MARRERO^{3, 5} y Lué Merú MARCÓ⁴

1. Colección Regional de Peces. Museo de Ciencias Naturales. Decanato de Agronomía. Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado, UCLA. Barquisimeto, estado Lara, Venezuela.
douglasrodriguez@ucla.edu.ve
2. Postgrado de Ecología. Instituto de Investigaciones Científicas de Venezuela IVIC. Caracas.
margennybarrios@ucla.edu.ve
3. Museo de Ciencias Naturales Guanare. Universidad Nacional Experimental de los Llanos Occidentales Ezequiel Zamora, UNELLEZ. Guanare, estado Portuguesa, Venezuela.
krispulom@gmail.com
4. Laboratorio de Química. Decanato de Agronomía. UCLA. Barquisimeto, Venezuela.
mparra@ucla.edu.ve
5. Red Iberoamericana para la formulación y aplicación de protocolos de evaluación del estado ecológico, manejo y restauración de ríos (IBEPECOR)

El río Turbio en la vertiente andina del Orinoco soporta intensas perturbaciones que han depauperado sus hábitats y biotas asociadas, siendo prioritario reconocer su estado de conservación para valorar acciones de manejo y restauración. Se presenta una caracterización de la historia natural de la cuenca, donde se evaluaron localidades en el cauce del río Turbio y de sus principales tributarios en cuanto a sus atributos físicos, químicos y biológicos, así como el tipo y extensión de perturbaciones presentes en la cuenca. En el río Turbio y sus tributarios en las terrazas y planicies asociadas con la conurbación Barquisimeto-Cabudare (una de las mayores en la cuenca del río Orinoco) destacaron la deforestación generalizada, incluyendo bosques ribereños, la minería no metálica y la extracción de agua directamente en los cauces, y el ingreso permanente de efluentes urbanos y agroindustriales sin tratamiento previo a los ríos. Diferentes perturbaciones se extienden a todos los cauces -con menor intensidad en las áreas protegidas- y se reconocieron en: la pérdida de bosques ribereños y la erosión de zonas de ribera, la alteración hidrogeomorfológica de los cauces, la colmatación por sedimentos y la intermitencia inducida de la corriente, la contaminación extrema de las aguas en la cuenca media y baja, así como la fragmentación de los hábitats y la pérdida de la riqueza insectos acuáticos y peces. El río Turbio tiene muy baja integridad y reúne los síntomas descritos en el síndrome urbano de los ríos y como mal pronóstico, pues en la cuenca no se evidencia el manejo adecuado de los efluentes urbanos, industriales y agropecuarios, así como la conservación específica de los recursos hidrobiológicos. Es urgente aplicar medidas para reconocer, cuantificar y valorar las perturbaciones naturales y antrópicas sobre los ríos para contrarrestar sus efectos y generar programas de restauración acorde con los ciclos vitales del ecosistema fluvial.

Palabras Clave: integridad de los ríos, recursos hidrobiológicos, síndrome de ríos urbanos, biología de la conservación

1. INTRODUCCIÓN

En el antropoceno los ríos son reconocidos como los ecosistemas con mayor situación de riesgo en el planeta y las principales amenazas sobre los mismos se asocian con la conversión de tierras naturales por usos antrópicos variados (Vörösmarty et al. 2010). Así, la deforestación, principalmente de bosques ribereños, con la consecuente sedimentación de cauces, la contaminación por efluentes y desechos urbanos y agroindustriales no tratados o la derivación del agua para consumo humano, son parte de una larga lista de perturbaciones sobre los ecosistemas fluviales. Estas perturbaciones inciden sobre la integridad y estado de conservación de los ríos, y con más notoriedad donde los ríos son afectados directamente por centros urbanos y periurbanos, generando una serie de impactos que en conjunto se denominan síndrome de ríos urbanos (Meyer et al. 2005). Este síndrome describe la regularidad en la degradación ecológica de los ríos que drenan tierras urbanas, reuniendo respuestas ecológicas y físicas que son usuales a la mayoría de los ríos, siendo principales y permanentes la elevada concentración de nutrientes y sustancias tóxicas, la alteración de la morfología fluvial y la reducción de la diversidad biológica (Booth et al. 2015). En los ríos con este síndrome el régimen de perturbaciones urbanas es determinante, pues este representa el cambio en la frecuencia, magnitud y duración de perturbaciones hidrológicas inducidas sobre los cauces y el ecosistema, lo que implica la degradación geomorfológica y ecológica (Hawley y Vietz, 2016).

La trayectoria de los efectos negativos sobre los ríos es muy similar en todo el planeta, pero la naturaleza y magnitud de las respuestas ecológicas respecto al crecimiento humano difieren espacialmente; además, algunas variables parecen tener una mayor resistencia a la urbanización que otras (Utz et al, 2016). En los países considerados en vías de desarrollo más del 70% de aguas servidas y de desechos industriales se descargan sin tratamiento previo, provocando usualmente la contaminación del suministro de agua para consumo (Fernández y Du Mortier 2005). Lo anterior se expresa en las principales ciudades, donde los ríos corrompidos demuestran el pasivo ambiental que atenta contra la salud humana, los sistemas de producción agropecuaria y la diversidad biológica.

En Venezuela estos eventos son habituales y una buena parte de los efluentes urbanos y agroindustriales de las ciudades y sus áreas de influencia son vertidos directamente a los cauces, independiente a su orientación previa a los sistemas de cloacas. En ríos como el Chama y el Tuy, por ejemplo, los reportes

indican una situación de contaminación preocupante (González-Oropeza et al. 2015, Segnini y Chacón 2017). En la vertiente andina del Orinoco las ciudades más pobladas (San Cristóbal, Barinas, Guanare, Acarigua y Barquisimeto) sostienen alrededor de 3.500.000 personas y drenan sus efluentes directa o indirectamente a los ríos principales o a sus tributarios; esto sin contar el aporte de sedimentos y agroquímicos que provienen principalmente desde las cuencas altas.

El rápido incremento de la población en la conurbación de Barquisimeto, la mayor de la región y que ocupa una enorme superficie dentro de la cuenca del río Turbio, se expresa principalmente por un progresivo aumento de sus efluentes y residuos urbanos. Esto ocurre a la par de una extracción extraordinaria de agua de los cauces, una reducción progresiva de la superficie boscosa, de los hábitats y de la riqueza de especies (García 2012, Barrios y Rodríguez-Olarte 2013, Pérez 2016); además, las aguas del río Turbio y varios tributarios tienen una elevada contaminación y su efecto depaupera los cauces y las biotas a lo largo de todo el hidrosistema, incluyendo los ríos Cojedes y Portuguesa (Espinosa-Blanco y Seijas 2012). Son varios los reportes que demuestran la condición de depauperación del río Turbio y su cuenca, lo que conlleva a una situación de riesgo debido a la fragmentación y contaminación de hábitats y la pérdida de sus faunas (Rodríguez-Olarte y Barrios 2014), por lo que es previsible que este ecosistema reúna los síntomas de un síndrome urbano. Aquí se presenta una valoración de la información sobre el río Turbio y sus principales tributarios de acuerdo a los atributos físicos, químicos y biológicos de su cuenca y cauces, su estado de conservación y las prioridades para el manejo adecuado de sus recursos hidrobiológicos.

2. MÉTODOS

Se evaluaron reportes, bases de datos y registros de colecciones biológicas para describir la cuenca del río Turbio y actualizar información sobre la misma; con este último fin también se visitaron 28 localidades en tributarios de diferentes subcuencas (Figura 1). Para reconocer las dimensiones y los cambios espaciales e históricos en cuencas, zonas de ribera y cauces, así como en las coberturas y los usos de la tierra, se delimitaron transectos, polígonos en imágenes satelitales (Google Earth Pro 2015) y también con un sistema de información geográfica. Se localizaron hitos y evaluaron cauces y coberturas de las zonas de ribera en diferentes momentos; además, los lugares de interés detectados en imágenes satelitales usualmente fueron verificados con observaciones de campo.

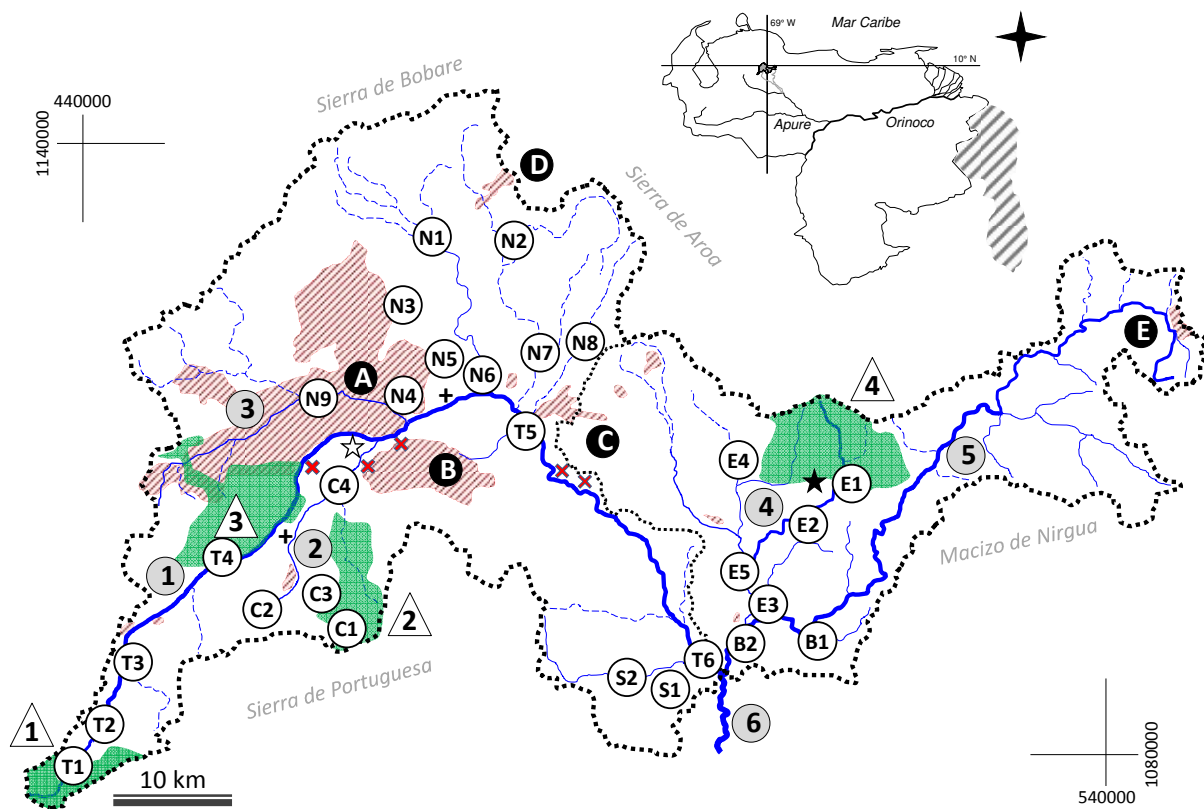


Figura 1. Cuenca del río Turbio. Los principales cauces (círculos grises) son: (1) Turbio, (2) río Claro, (3) La Ruezga, (4) Nuare, (5) Buría y (6) Cojedes. Las áreas protegidas (polígonos de color sólido denotados por triángulos) son los parques nacionales Yacambú (1) y Terepaima (2) y los monumentos naturales Loma El León (3) y María Lionza (4). Los principales centros urbanos (polígonos con líneas denotados por círculos negros) son Barquisimeto (A), Cabudare (B), Yaritagua (C), Duaca (D) y Nirgua (E). Las localidades (círculos blancos) en la Sierra de Portuguesa son: Cerro Negro (C1), tributario Guayamure (C2), Puente (C3), Agua Viva (C4), Turbio alto (T1), San Miguel (T2), La Esperanza (T3), El Manzano (T4), Puente Tononó (T5), Puente final (T6). En los drenajes al norte son: Las Veras (N1), El Eneal (N2), Las Veritas (N3), La Tomatera (N4), El Cercado (N5), Caseteja (N6), Cambural (N7), Guaremal (N8), La Ruezga (N9). En los drenajes al este y al sur son: El Altar (S1), Pílancones (S2), río Nuare: Charay Alto (E1), Charay medio (E2), Charay bajo (E3), Nuare arriba (E4), Nuare abajo (E5), Buría La Toma (B1) y Buría bajo (B2). Las áreas en donde se efectuaron análisis espaciales y temporales (figuras 2 y 3) son Bosque Macuto (estrella blanca) y cuenca del río Nuare (estrella negra). Las minerías industriales no metálicas se indica con x.

3. RESULTADOS

3.1. Hidrografía y relieve

La cuenca del río Turbio incluye varias vertientes, siendo el norte de la Sierra de Portuguesa la principal (Figuras 1 y 2), pero también comprende las estribaciones de las sierras de Aroa y Bobare, así como del Macizo de Nirgua. La cuenca se conforma por dos drenajes mayores: Turbio y Buría, que en conjunto abarcan una superficie de 3.405 km², lo que representa cerca del 2% de la superficie de la cuenca receptora del río Apure. A partir de la confluencia de los ríos Turbio y Buría, el cauce principal se denomina Cojedes, se incorpora el río Tucuragua y posteriormente desemboca en el río Portuguesa, en la cuenca del Orinoco. La depresión del Turbio-Yaracuy incluye

los valles del Turbio y de las Damas, este último corresponde al tramo final del río Turbio y comprende una zona de transición geológica donde confluyen las estribaciones de la Sierra de Portuguesa (oeste), el Macizo de Nirgua (este) y la Sierra de Aroa (norte). En medio de estos grandes relieves se extiende la planicie de la depresión de Barquisimeto, que es atravesada por la falla de Boconó y sedimentada por extensos abanicos aluviales. Aquí se ha dividido la cuenca en tres grandes drenajes:

a. Drenaje andino (Sierra de Portuguesa): Desde las mayores alturas de la cuenca provienen el río Turbio (2.165 msnm; 280 km²) y el río Claro (1.737 msnm; 164 km²); estos atraviesan valles encajonados

y confluyen en la planicie aluvial del Valle del Turbio, en la depresión de Barquisimeto (Figuras 1 y 2). La quebrada La Ruezga tiene algunas cabeceras en los ramales andinos; ésta drena toda la terraza aluvial de Barquisimeto y desemboca en el río Turbio entre los valles del Turbio y de Las Damas.

b. Drenaje al norte (Sierras de Aroa y Bobare): Por el norte los drenajes provienen de las sierras de Aroa (1.370 msnm) y Bobare (1.045 msnm) y son de carácter intermitente o eventual. Estas son bordeadas por colinas residuales y disectadas. La quebrada La Ruezga (1.365 msnm; 678 km² de superficie; 48 km de cauce, (Figura 2) comparte al sur los flancos áridos de la Sierra de Portuguesa y desde el norte y noroeste de la Fila del Viento, donde también tienen su origen las quebradas El Mamón y Yoitoy. En esas cabeceras están los límites orientales del Parque Nacional Saroche (32.294 ha). La Ruezga era un cauce usualmente seco pero se nutre por descargas industriales y urbanas que mantienen su caudal activo durante todo el año. Otros drenajes son la quebrada Tacarigua al norte, y al noreste las quebradas contiguas de Nonavana (1.371 msnm; 212 km²) y Guaremal (1.370 msnm; 72,5 km²), estas últimas desembocan al Turbio en el Valle de Las Damas. En la quebrada Guaremal se construyó un embalse (presa Germán Rovati. 37 ha. 1973) pero actualmente está inutilizado por una colmatación masiva de sedimentos.

c. Drenaje oriental (Macizo de Nirgua) y al sur: Al este (Macizo de Nirgua) y al sur los drenajes discurren en dirección este-oeste y desembocan en las planicies al sur (Figura 2). Estos ríos son usualmente de corrientes permanentes que fluyen por orografías bajas conformando los ríos Nuare (Cerro de Sorte; 1.208 msnm) y Buría (Cerro El Picacho, 1.362 msnm). Los lomeríos occidentales al suroeste son drenados principalmente por la quebrada Pílancones. Un poco más abajo de la confluencia de los ríos Turbio y Nirgua desemboca el río Tucuragua. Esta última cuenca (719 km²) es prácticamente cubierta por el parque nacional Tirgua.

3.2. Clima y vegetación

En la cuenca se reconoce una transición en cuanto al clima, pues en la misma convergen la zona semiárida y subhúmeda regional, ambas expuestas a los vientos alisios que provienen del abra de Yaracuy y de los llanos occidentales del Orinoco. En las montañas de río Claro el régimen de precipitación es unimodal (promedio anual: 1.200 mm) y se concentra desde abril a noviembre, pero en la cuenca alta del río Turbio el mismo es bimodal (964 mm) con máximos valores

de precipitación en abril-junio y octubre (López & Andressen 1996). Los ecosistemas terrestres son bastante intervenidos y se expresan con bosques húmedos por encima de los 1.000 msnm y con bosques ralos y matorrales xerófilos en las tierras bajas del norte. Al sur y al este predominan los bosques secos deciduos. En la terraza aluvial de Barquisimeto la precipitación anual promedio es de 514 mm, con las lluvias concentradas entre abril y noviembre, mientras que al norte, en la población de Duaca, los valores son algo superiores. Las zonas de vida predominantes en las áreas bajas son bosque seco y muy seco tropical, pero en las montañas se detecta el bosque húmedo premontano. Entre el noreste y noroeste el gradiente en el clima y la vegetación es notorio: al este se registran mayores valores de precipitación y cobertura vegetal, incluso con bosques altos; lo contrario se presenta al oeste. En las montañas al noreste (Nirgua) la temperatura y precipitación promedio anuales son de 22 °C y alrededor de los 1.050 mm, respectivamente. En las áreas bajas la zona de vida predominante es bosque seco tropical, pero en las cumbres es bosque húmedo tropical. Esta vertiente tiene mayor cobertura boscosa.

3.3. Historia, demografía y centros urbanos

En 1552 se fundó Nueva Segovia (de Buría) muy cerca de la confluencia entre los ríos Buría y Turbio (~250 msnm), pero la ciudad sería mudada varias veces y su último asiento fue sobre la terraza que hoy ocupa (566 msnm), donde se conoce como Nueva Segovia de Barquisimeto. Para el año de 1779 en la ciudad se registraron un poco menos de 4.000 personas y en 2011 la conurbación conformada por las ciudades de Barquisimeto, Cabudare y poblaciones satélites (área metropolitana Gran Barquisimeto) concentró cerca de 1,4 millones de personas (Instituto Nacional de Estadística 2014a, b). El resto de las áreas urbanas en la cuenca se reparte principalmente entre las urbes de Nirgua y Duaca en las tierras elevadas, así como decenas de pueblos pequeños y caseríos en las planicies. La conurbación tiene un área aproximada de 31.000 ha, pero el 90% de la misma es ocupado por las ciudades de Barquisimeto y Cabudare, más los pueblos inmediatos (Cují, Tamaca) en constante expansión (Figuras 1 y 2). En el valle del Turbio la concentración humana genera importantes efluentes residuales (aguas negras, vertidos industriales y agropecuarios) que usualmente no son tratados antes de ser vertidos a los cauces.

3.4. Coberturas y usos de la tierra

En la Sierra de Portuguesa el uso de la tierra es fundamentalmente agrícola, predominando los culti-



Figura. 2. (a) El río Turbio con aguas transparentes antes de ingresar a las planicies urbanizadas. (b) Afluente de la quebrada Chirgua luego de drenar una pequeña área al noreste de Barquisimeto. (c) Quebrada Guaremal (Sierra de Aroa) con su cauce colmado de sedimentos antes de desembocar en el embalse con igual condición. (d) El río Buría en las planicies (Macizo de Nirgua). (e) El río Turbio en su tramo final antes de la confluencia con el río Buría, nótese el color muy oscuro de sus aguas y el profuso bosque ribereño. Fotografías de D. Rodríguez-Olarte.

vos de café y hortalizas en las montañas, mientras que en las planicies son usuales el maíz y la caña de azúcar, la cría de cabras es común en las zonas áridas. En las cumbres se asientan los parques nacionales Terepaima (18.971 ha) y Yacambú (26.916 ha) y en las áreas bajas se ubica el Monumento Natural Loma El León (7.275 ha). Fuera de estas áreas protegidas la deforestación y la agricultura son extendidas (Rodríguez-Olarte & Barrios 2014). Los acuíferos del Valle del Turbio proveen de un volumen importante de agua para el consumo humano en la conurbación. En los drenajes al norte destacan las tierras dedicadas a la actividad agropecuaria, donde predominan los cultivos de hortalizas y piña, así como la cría aviar y caprina, mientras que en las planicies al este sobresale la cría de ganado vacuno y aves de corral, pero también cultivos variados; mientras que en las tierras altas (Nirgua) los cultivos de naranjas son comunes.

La vertiente sur del Monumento Natural Cerro María Lionza (11.712 ha) se incluye dentro de la cuenca (ríos Nuare y Charal). En todos los ríos de la cuenca existe una extracción intensa del agua, ya sea desviando directamente los cauces o por el uso de motobombas. Además, en la cuenca se han propuesto (y aún no construidos) algunos aprovechamientos hidráulicos, principalmente represas, ya sea en las vertientes andinas (río Turbio), al norte (Tacarigua, Nonavana) o al este (Nuare); igualmente, ya en el río Cojedes y aguas abajo del río Tucuragua, se inició en 1975 la construcción del embalse Las Palmas mediante una presa de tamaño considerable; sin embargo, el proyecto ha sido paralizado (Abarca 1991).

La valoración de información satelital y las visitas de campo indicaron que los bosques ribereños de tierras medias y bajas en la cuenca de río Claro han sido deforestados en gran medida, pero persisten en las laderas de alta montaña y las cabeceras (Cerro Negro, Guayamure), donde se asocian con cinturones continuos de bosques (Parque Nacional Terepaima). Sin embargo, la deforestación existe dentro del área protegida, principalmente en sus límites y expresada por la agricultura itinerante, donde también ocurren los incendios de vegetación y existen vías de comunicación (García 2012). Una situación muy similar se evidencia en la cuenca alta del río Turbio, donde la actividad agrícola es mucho más extensa e intensa y la expansión de su frontera se asocia con la deforestación dentro del Parque Nacional Yacambú. Entre los años 2000 y 2008 los bosques dentro del Parque Nacional Terepaima tuvieron una reducción alrededor del 1% de su superficie y una tendencia similar pero mayor se reconoció en los matorrales, pasando de 113,5 a 84,1 ha (García 2012). Estas pérdidas de hábitat a costa de la expansión de la frontera agrícola

también se registraron en el Parque Nacional Yacambú y con mayor medida en el Monumento Natural Loma El León, donde se sumó la expansión urbana.

En los tramos finales (planicies) de los ríos Claro y Turbio la deforestación de las riberas es generalizada, pero en menor que en el Monumento Natural Loma El León y el sector de Bosque Macuto; este último es un parche de bosque donde predomina la palmera chaguaramo (*Roystonea*) y donde funcionaron un balneario y un acueducto local, ahora en desuso. Estos bosques de palmas (chaguaramales o maporales) comúnmente se asocian con cauces regionales (Collonello et al. 2014), pero en la cuenca del río Turbio son ahora muy escasos y de pequeño tamaño. En el Bosque Macuto se reconoció un área remanente con bosques que para 2003 cubría una superficie de 69 ha. En 2015 esta superficie se redujo a 54 ha (22%), indicando que las mayores pérdidas de vegetación ocurrieron en su límite ribereño (Figura 3). En el mismo sector, y durante el mismo intervalo, el río Turbio tuvo una modificación importante en la morfología de su cauce, demostrando cambios en su magnitud y rumbo. En los drenajes al extremo norte de la cuenca persisten algunos parches de bosques en una matriz agropecuaria que crece rápidamente.

Otras áreas boscosas poco intervenidas se detectan al noreste de la cuenca (vertiente de la Sierra de Aroa). En el resto de esos drenajes la deforestación es generalizada, con pequeños parches de bosques asociados a quebradas en predios privados; además, extensos cordones urbanos y nuevas áreas de vivienda han reducido la cobertura vegetal y generan grandes volúmenes de efluentes urbanos que son orientados a la quebrada Nonavana. La cuenca del río Buría, incluyendo su tributario Nuare, tiene la mayor cobertura de bosques locales principalmente en la cuenca media. Los recorridos por los drenajes al sur, así como la revisión de imágenes satelitales actualizadas, indican que estas son las áreas bajas con mayor cobertura de bosques.

Para la cuenca alta del río Nuare, en la vertiente sur del monumento natural Cerro María Lionza, Pérez (2016) detectó un incremento inusitado de la intervención humana en los años 1995, 2005 y 2015, donde se corroboró una disminución de la cobertura de bosques a costa de la expansión de las fronteras agrícola y urbana (Figura 4). Dentro de esta área protegida la cobertura de bosques tuvo 16.490 ha en 1995; no obstante, en 2015 disminuyó a 15.197 ha. En el mismo periodo las coberturas de herbazal, matorral y el uso agropecuario de las tierras se duplicaron, llegando alrededor de las 800 ha cada una. El uso urbano se sextuplicó en el mismo periodo (336 ha). Cabe destacar que estas pérdidas en el área protegida

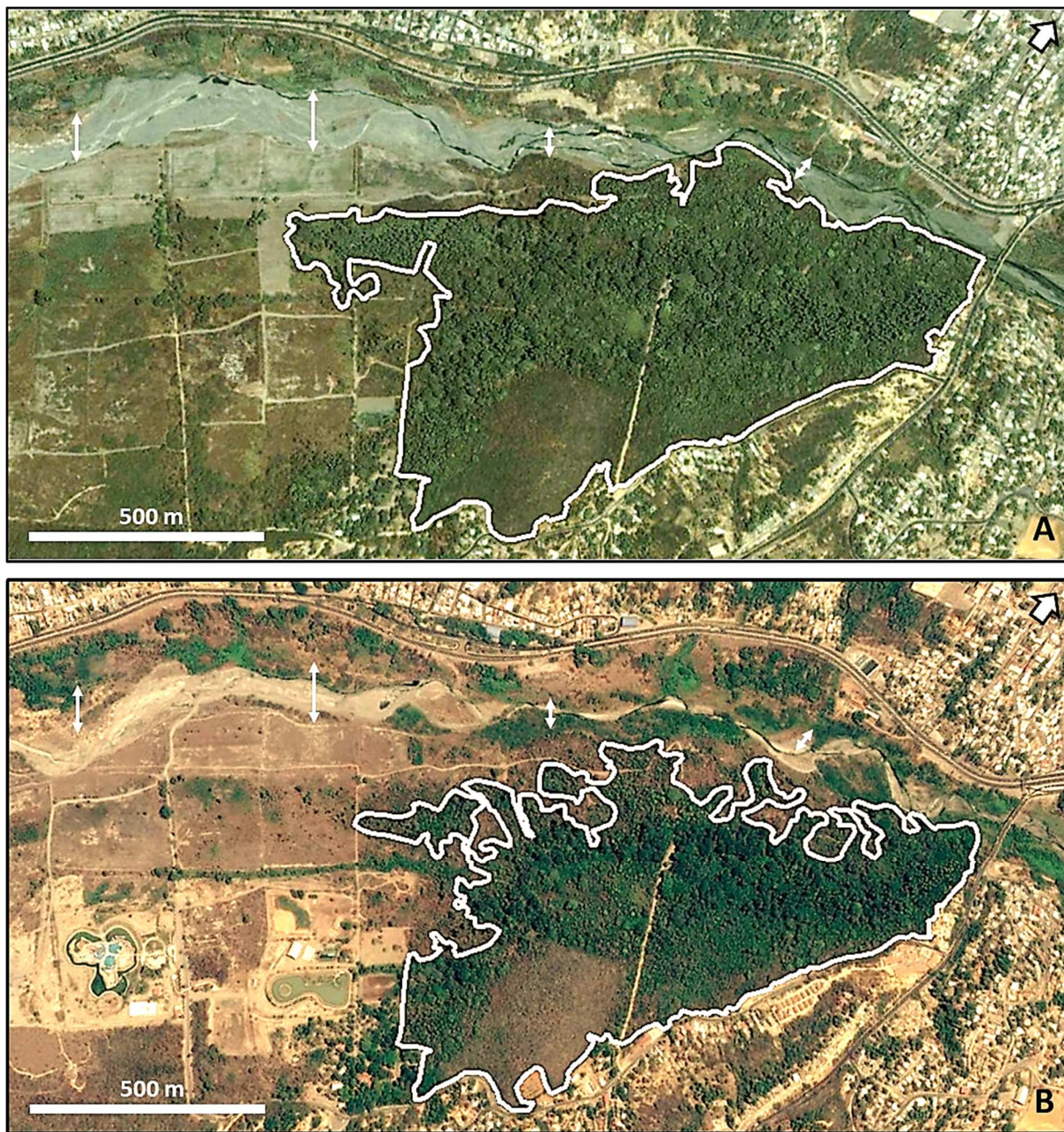


Figura. 3. Cambios en las coberturas de la tierra en las planicies del río Turbio en los años 2003 (A) y 2015 (B). El polígono denota la cobertura de bosque alto en el área protegida de Bosque Macuto (su ubicación en la cuenca se indica en la Figura 1) y en el mismo destaca un área ya deforestada previamente. Las flechas verticales indican cambios en el cauce del río Turbio, que es muy colmatado, intermitente durante el periodo de sequía y nutrido por aguas residuales que provienen desde la ciudad de Barquisimeto, en la terraza inmediata al norte. Al sur existe un parque acuático de construcción reciente y que simula la forma de Venezuela. El río corre al este.

se concentraron principalmente en la vertiente sur, en la cuenca del río Nuare. Según Pérez (2016) esta pérdida de cobertura vegetal, que incluye también a los bosques ribereños, puede tener un efecto directo sobre el comportamiento de los ríos (pérdida de hábitats y zonas de riberas, acumulación de sedimentos), la diversidad de la ictiofauna y, en consecuencia,

sobre la conservación de los recursos hidrobiológicos fluviales regionales, mermando su oferta como servicios ecosistémicos. A esto se suman los efluentes de los caseríos y de las unidades de producción agropecuaria que son vertidos directamente a los cuerpos de agua, reduciendo con esto la oferta de servicios ecosistémicos.

3.5. Cauces, zonas de ribera y conservación del hábitat fluvial

En los ríos de montaña y tierras elevadas se reconocieron cauces conservados y corrientes cristalinas, con granulometrías gruesas y taludes protegidos por bosques ribereños. Esto fue perceptible principalmente en las cabeceras de los ríos Turbio y Claro, pero desde las montañas los cauces muestran transformaciones (Rodríguez-Olarte y Barrios 2014). La evaluación de imágenes satelitales (2015) indicó que alrededor de los 1.000 msnm el cauce del río Turbio inicia su transformación y luego de los pueblos de San Miguel y Buena Vista el cauce tiene un cambio radical, siendo muy amplio gracias al ingreso de dos tributarios (~820 msnm) con una elevada carga de sedimentos. A partir de ahí el cauce tiene usualmente más de 100 metros de ancho, siendo trezado y colmatado por sedimentos de granulometrías variadas. Esta condición disminuyó notablemente alrededor de los 380 msnm, unos siete kilómetros aguas debajo de Barquisimeto, donde el cauce es único, reducido, sin acumulaciones importantes de sedimentos y con vegetación ribereña. En el tramo con mayor intervención del río se observó una variación importante del cauce durante el tiempo (Figura 3).

La minería no metálica (arena y gravas) fue registrada en casi en todos los cauces. La exploración de imágenes satelitales y las visitas de campo indicaron la presencia de empresas mineras (areneras) contiguas al cauce de Río Claro, además de una franja de extracción artesanal de arena y grava cuando este río ingresa a la planicie. El río Turbio tiene minería artesanal en las montañas, usualmente asociada con los centros urbanos, mientras que en la planicie se identificaron varias areneras (minas industriales), todas cercanas a la ciudad de Barquisimeto (Figura 1). En el valle de Las Damas existen minas activas (cal, cemento) y algunas son aledañas al río. La minería artesanal de arena y grava es una actividad común en los ríos de piedemontes en Venezuela (Machado-Allison 2017).

Al norte de la cuenca casi todos los cauces fueron intervenidos, lo que sería una respuesta a las perturbaciones humanas asociadas con una menor cobertura de vegetación debido a las condiciones climáticas. La quebrada La Ruezga está canalizada en casi todo su recorrido a lo largo de la ciudad. El tributario Guaremal y otros de la misma vertiente al norte presentaron cauces con taludes muy erosionados, secos y con gran aporte de sedimentos. En los piedemontes y planicies de los ríos que provienen de áreas protegidas o zonas boscosas al este de la cuenca se han registrado cauces con caudales permanentes y granulometrías variadas. Ahí destacan los ríos y quebradas Nuare, Charal, Buría, Pilacones.

Ya desde el pueblo de Yaritagua el río Turbio presentó meandros desarrollados y franjas de bosques ribereños secundarios en gran parte de su recorrido. Durante el periodo de sequía el río Turbio se fragmenta al ingresar a las planicies y el caudal es suplido principalmente por efluentes urbanos. Así, estas aguas residuales vienen a conformar el principal aporte al cauce en las planicies, que es nutrido principalmente por la quebrada Guardagallo (La Ruezga), la cual atraviesa la ciudad de Barquisimeto.

Durante el periodo de sequía el río Claro se seca aguas abajo del pueblo homónimo pero vuelve a presentar una corriente intermitente a su ingreso a las planicies. La pérdida y fragmentación de los ríos en piedemontes y planicies promueve una mayor erosión de las laderas y la consecuente colmatación y trezado de los cauces locales. Estos cauces tienen dimensiones descomunales debido a la acumulación masiva de material con granulometría variada. Las inspecciones de campo y los registros históricos indicaron que todos los ríos en la cuenca tienen una intervención elevada, salvo en las cabeceras y áreas protegidas. Tal intervención se expresó con la contaminación de las aguas, la pérdida de la cobertura vegetal en las riberas, la erosión y la colmatación de cauces.

3.6. Las corrientes y las aguas

El escurrimiento en la cuenca es aportado principalmente por los drenajes al este y los de origen andino. Hará un poco menos de 50 años el río Turbio tenía un caudal promedio de 1,17 m³/s en las planicies (500 msnm), antes de su confluencia con Río Claro; este último tendría un volumen menor (0,44 m³/s) (COPLANARH 1969). Igualmente, el Turbio en su tramo final (250 msnm) aportaría un caudal de 6,37 m³/s antes de la incorporación del río Buría (7,26 m³/s). En el periodo de sequía de 2015, el tramo final del río Buría tuvo un caudal de 0,86 m³/s, mientras que al norte de la cuenca sólo dos localidades tuvieron pequeñas corrientes de agua (<0,05 m³/s) y únicamente en las nacientes o en algunos tramos protegidos por bosques ribereños.

Al sur, las quebradas Pilacones y El Altar tuvieron bajos caudales (~0,1 m³/s) en el periodo de sequía y ambas se desecaron parcialmente. En las montañas del río Claro y el río Turbio, así como en el resto de localidades en cabeceras, las aguas tuvieron una transparencia total durante el periodo de sequía, mientras que el río Turbio en las planicies tuvo una transparencia menor a 10 cm (disco Secchi), condición que se extendió en todo su cauce hasta el río Cojedes. En el río Buría y sus tributarios presentaron aguas con transparencia elevada. En general, las concentraciones de diferentes variables (ej. fracciones

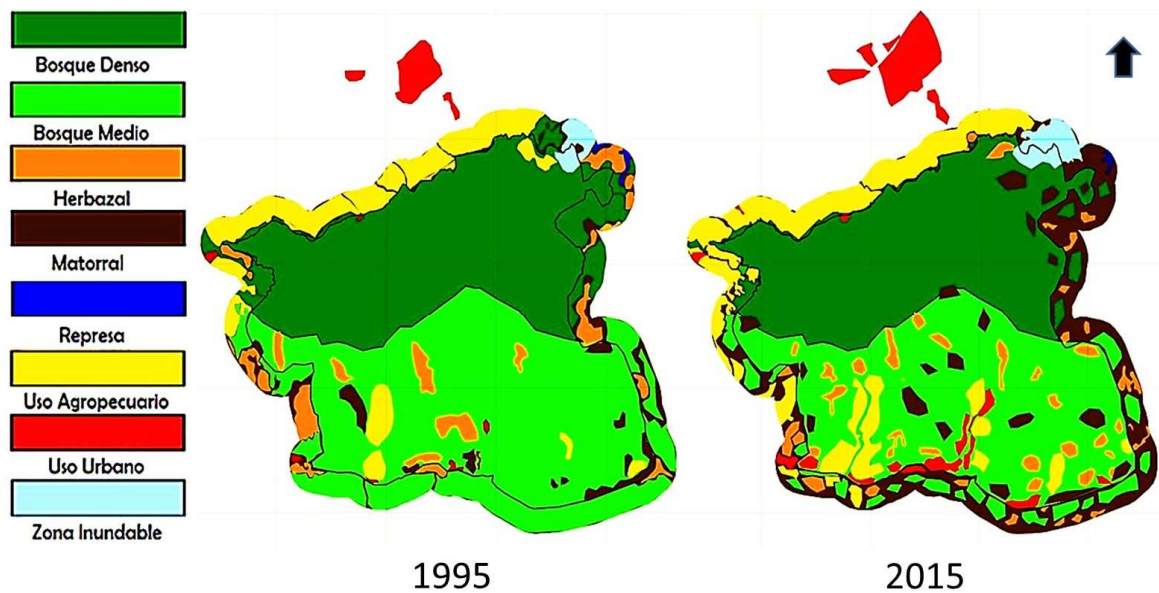


Figura 4. Comparación de las coberturas y usos de la tierra para los años 1995 y 2015 en el Monumento Natural María Lionza, cuya frontera sur (parte inferior del polígono: bosque medio) se encuentra dentro de la cuenca del río Turbio. El polígono corresponde al monumento natural Cerro María Lionza (su ubicación se muestra en la Figura 1), más una franja de influencia (amortiguación) en contacto con sus límites. Al norte se encuentra la ciudad de Chivacoa (polígono rojo). Las perturbaciones se concentran en la vertiente sur del área protegida, con los usos predominantes de la tierra. Modificado de Pérez (2016).

inorgánicas, sólidos totales) reportadas demuestran un incremento cuando el río Turbio se asocia con la conurbación, lo cual evidencia un cambio drástico en la condición natural del cuerpo de agua, además de su deterioro progresivo (Chirinos, 2010, Adan 2010, Adan et al. 2014). Así, en las montañas el río está controlado por factores naturales y la contaminación es muy baja (Urdaneta 1989), mientras que en las planicies (valles del Turbio y de Las Damas) hay concentraciones elevadas de calcio, sodio y sulfatos. Ya en el tramo final del río Turbio las concentraciones de plomo, zinc, cromo y materia orgánica fueron elevadas. Además, se ha observado entradas no controladas de los elementos plomo, zinc y cromo de origen distinto del natural, que se atribuyó a las actividades industriales que se llevan a cabo en la zona (Chirinos, 2010). Además, hubo cambios en la concentración de diferentes elementos y sólidos disueltos entre periodos de sequía y lluvias (Tabla 1), lo que ha sido atribuido a un efecto de dilución causado por el incremento en el escurrimiento debido al agua de lluvia.

En el tramo del río Turbio comprendido entre la ciudad de Yaritagua y la desembocadura del río Buria (donde el río se denomina Cojedes) se ha reconocido cierto grado de recuperación en las aguas (Andara 1987), expresado por la disminución de la conduc-

tividad (de 1.250 a 850 $\mu\text{S}/\text{cm}$) y el aumento de la concentración de oxígeno disuelto (de 0,5 a 5,8 ppm). Además, la concentración de elementos (Na, K, Ca, SO_4^- , Mg, Cl, entre otros) en las aguas disminuyó en un intervalo (de 23 a 2 veces) con relación a la línea base natural entre el primer y último punto de muestreo. Esto ha sugerido que los mecanismos de purificación existentes en el río son la dilución por afluentes limpios y el agua de lluvia, la oxigenación por turbulencia y la acumulación de elementos en los sólidos suspendidos y sedimentos (Chirinos, 2010). En un gradiente espacial y de altitud -entre las montañas y el valle- son notables los cambios en las aguas del río Turbio. Chirinos (2010) notó que los sólidos totales disueltos reflejaron un comportamiento creciente a lo largo del cauce, con un valor mínimo de 321 mg/l en las montañas (Buena Vista) y un máximo de 718 mg/l en el Valle del Turbio; no obstante, son valores menores al valor máximo establecido (1.500 mg/l) en el Decreto 883 (Gaceta Oficial de la República de Venezuela. 1995).

En el río Claro la concentración de sólidos totales disueltos fue mucho menor, lo que sería asociado con una menor prevalencia de perturbaciones humanas. Por otro lado, los valores de pH fueron similares en el río Turbio desde las montañas hasta las planicies, donde alcanzó un valor máximo de 7,49. Con respecto

a la dureza total, el valor máximo permisible del Decreto 883 (500 mg/l de CaCO_3) sólo fue superado en las planicies, con un valor de 600 mg/l de CaCO_3 , aun cuando usualmente las aguas del río Turbio poseen las concentraciones de dureza relativamente altas, cerca del límite permisible, con excepción del valor registrado en la cuenca alta de río Claro (296 mg/l CaCO_3). El fósforo tuvo valores por debajo del límite de detección (0,1 mg/l) en las montañas, pero en las planicies los valores estuvieron alrededor de los 6,7 mg/l. Estos valores se atribuyen a los contenidos elevados de detergentes y heces en las aguas residuales de origen doméstico e industrial. Una tendencia similar ocurrió con el nitrógeno amoniacal, con mayores valores en el Valle del Turbio (0,76 mg/l).

En general, las concentraciones de las diferentes variables reportadas para el río Turbio demuestran un incremento abrupto en las planicies, lo cual evidencia un cambio drástico en la condición natural del cuerpo de agua, además de un deterioro progresivo de tipo físico y químico. Además, algunos parámetros presentaron variaciones relacionadas con la exposición a fuentes difusas y sus niveles aumentaron a medida que el cuerpo de agua atraviesa la ciudad de Barquisimeto (Chirinos 2010, Adan et al. 2014).

Además de las variaciones puntuales entre las montañas y el Valle del Turbio, el aumento de los

niveles de los elementos evaluados también ocurrió entre periodos climáticos; así, los metales disminuyeron sus concentraciones en el tiempo, mientras que la turbidez en todos los casos sobrepasó los valores máximos permisibles. Sin embargo, la mayoría de los parámetros se encontraron dentro de los límites permisibles. Entre las variables que incrementaron progresivamente sus valores entre las montañas y las planicies de la conurbación destacaron: conductividad, turbidez, sólidos disueltos totales, cloruros, dióxido de carbono, temperatura, nitrógeno amoniacal, nitratos + nitritos (como nitrógeno) y los metales cobre, hierro y manganeso. En la conurbación predomina una mezcla de aguas cloacales con las aguas de la red de drenaje urbano, ya sea por sistemas de conducción inadecuados o por su deterioro. Esta mezcla se ha estado vertiendo en los cauces por décadas, lo que debe tener un efecto legado en los ecosistemas fluviales, principalmente por la pérdida de los hábitats acuáticos y ribereños, y que es difícil de evaluar sencillamente porque las especies indicadoras de los cambios históricos previsiblemente ya no habitan el río. En las ciudades de Barquisimeto y Cabudare las superficies urbanizadas son muy extensas, lo que favorece la escorrentía superficial (disminuyendo así la infiltración) e incluyendo además importantes volúmenes de material sólido, principal-

Tabla 1. Valores promedio de parámetros fisicoquímicos del agua en diferentes sectores del río Turbio entre los periodos de sequía (Chirinos 2010) y lluvia (Adan 2010). LP: límites permisibles según Normativa Decreto 883 y OMS, NR: no reglamentado, NM: no medido, LD: límite de detección (modificado de Adan et al. 2014).

| Parámetros | Buena Vista (880 msnm) | | Puente Las Damas (467 msnm) | | Veragacha (415 msnm) | | LP |
|---|---------------------------|---------|--------------------------------|---------|-------------------------|---------|-------|
| | Sequía | Lluvias | Sequía | Lluvias | Sequía | Lluvias | |
| Alcalinidad (mg/l CaCO_3) | 86 | 57,8 | 214 | 63,8 | 164 | 133,3 | NR |
| CO_2 (mg/l) | 21,7 | 43,8 | 110 | 20 | 60 | 65 | NR |
| Conductividad ($\mu\text{S}/\text{cm}$) | 682 | 492,5 | 1480 | 646,7 | 1.246 | 1.013,3 | NR |
| Cloruros (mg/l) | 15 | 60 | 95 | 60 | 102,5 | 210 | 600 |
| Dureza cálcica (mg/l CaCO_3) | 357,3 | 260 | 421 | 300,4 | 197,3 | 334,7 | NR |
| Dureza total (mg/l CaCO_3) | 410,7 | 282,7 | 600 | 340 | 414,7 | 464 | 500 |
| Fósforo (mg/l) | <LD | 0,58 | 2,78 | 0,3 | 6,4 | 4,9 | NR |
| N amoniacal (mg/l) | 0,06 | 0,74 | 0,08 | 1,1 | 0,13 | 7,2 | NR |
| Nitritos (mg/l) | 0,03 | 0,03 | 0,04 | 0,1 | 0,5 | 0,1 | NR |
| Nitritos + Nitratos (mg/l) | 0,64 | 1,46 | 0,64 | 4,4 | 0,7 | 0,06 | 10 |
| pH | 7,3 | 7,0 | 7,5 | 7,8 | 6,9 | 6,1 | 6-8,5 |
| Temperatura ($^{\circ}\text{C}$) | 24 | 23 | 37 | 27 | 27 | NM | - |
| Turbidez (UNT) | NM | 576,2 | NM | 1497,7 | NM | 492,3 | <25 |
| Sólidos totales disueltos (mg/l) | 341,7 | 262,5 | 740 | 326,7 | 623,3 | 496,7 | 1500 |

mente sedimentos, pero también escombros y basura. De un poco más de 70 empresas registradas en la ciudad de Barquisimeto el 90% descargaban aguas servidas directamente a la red cloacal y 9,7% al río Turbio y a los tramos urbanos de las quebradas de La Ruezga y El Mamón; además, el agua del Turbio y sus tributarios dentro de la conurbación presentaban valores de coliformes totales superiores a la norma, indicando que esas aguas representaban un riesgo ambiental para los ecosistemas y la población, además de afectar los acuíferos por efectos de la percolación (República Bolivariana de Venezuela 2010). Esta situación contraviene la normativa legal (Riestra 2017) y resulta en pasivos ambientales por resolver. Es importante indicar que el decreto 883 es una norma desactualizada aplicada para aguas de consumo, recreación o para actividades agroindustriales y es inadecuada para inferir sobre la calidad del agua para mantener la biota acuática o la integridad del ecosistema acuático; además, en este decreto los valores de referencia son únicos y generalizados, sin relación con las geologías e hidroquímica de las aguas en cada región o dentro de una cuenca. Así, para inferir sobre el enriquecimiento por nutrientes o contaminación en los ríos, por ejemplo, es recomendable disponer de valores de línea base; esto es, aquellos medidos en localidades con el mejor estado de conservación posible. En la cuenca del río Turbio tales valores son difíciles de encontrar, dada la notable intervención en la misma.

3.7. Diversidad biológica acuática

a. Insectos acuáticos: En el río Turbio y sus tributarios (río Claro, Guaremal, Nuare, Charal y El Altar), son registrados 16 órdenes y 47 familias de insectos acuáticos (Barrios y Rodríguez-Olarte 2013). Estos son representados por Diptera (once familias) seguido de Trichoptera (10), Ephemeroptera (5), Coleoptera (4) y Hemiptera (4). Otros órdenes son menos representativos pues tienen solo una familia, como los Megaloptera, Plecoptera, Lepidoptera y Orthoptera. Las familias con mayor abundancia fueron representadas por Chironomidae (36,1% de abundancia relativa), seguido de Baetidae (27,3%), Simuliidae (14,1%) e Hydropsychidae (8,1%).

En los ríos Claro, Nuare y Charal se presentó una mayor riqueza y diversidad de familias de insectos acuáticos, lo que fue correlacionado positivamente con un mayor estado de conservación del hábitat acuático y ribereño. Además, esta condición permite la presencia de algunas familias que suelen ser más sensibles a las perturbaciones; por ejemplo, dentro del orden Ephemeroptera las familias Leptophlebiidae, Caenidae y Euthyplociidae han sido registradas sólo en zonas con aguas limpias con corrientes intermedias

y habitan sustratos de granulometría gruesa, como las piedras y rocas. Similarmente, las familias Odonatoce-ridae, Helicopsychoidea, Hydrobiosidae, y Calomoceratidae fueron registradas en los ríos Claro, Nuare y Charal, y su presencia fue indicadora de condiciones de aguas menos contaminadas y hábitats con sustratos más heterogéneos (Barrios y Rodríguez-Olarte 2013). Los Odonatos suelen tener poca representatividad en la riqueza y abundancia por familia (< 0,05% de la abundancia relativa), siendo registradas las familias Coenagrionidae, Gomphidae, Libellulidae y Polythoridae que están asociadas a condiciones de hábitats más conservados. Su poca abundancia suele estar relacionada principalmente a su alta sensibilidad frente a cambios de temperatura y a la disponibilidad de alimento, ya que sus náyades o estados inmaduros se alimentan de otros invertebrados, incluyendo otros odonatos e incluso renacuajos y hasta pequeños peces (von Ellenrieder y Garrison 2009).

El orden Plecoptera está representado por una familia (Perlidae), donde sus estados inmaduros son de hábito acuático y sus ninfas suelen estar asociadas a sitios con piedras, rocas y troncos de árboles, así como también a corrientes intermedias o rápidas y aguas más limpias, y en sus estados de adulto, suelen estar presentes en los bosques ribereños (Froehlich 2009). Estos requerimientos de hábitat están presentes en las localidades más elevadas y conservadas de estos ríos; en estos se han registrado cuatro familias para el orden Hemiptera, de las cuales Naucoridae, Belostomatidae y Hebridae solo han sido reportadas para río Claro. Estas familias ocupan una gran variedad de hábitats desde los fondos rocosos en el río, la superficie del agua y entre la vegetación acuática y semiacuática; además tienen hábitos depredadores: se alimentan de otros insectos, renacuajos y peces (Mazzucconi et al. 2009). Lepidoptera solo se reportó con una sola familia (Crambidae) presente en río Claro y sus larvas semiacuáticas pueden ser encontradas en la vegetación acuática y semiacuática o en troncos donde viven y se alimentan (Romero y Navarro 2009). En la afluyente El Altar hubo una baja riqueza de familias de insectos acuáticos (10 familias), predominando los Chironomidae y Leptophlebiidae. El resto de las familias tuvo muy poca abundancia, como los Elmidae, Ceratopogonidae, Leptohyphidae, Caenidae, Baetidae, Calomoceratidae e Hydropsychidae. Este tributario presentó un elevado estado de conservación y características geomorfológicas muy diferentes al resto de los tributarios de la cuenca; además de tener corrientes intermitentes y la presencia de cascadas que explicarían la baja riqueza y abundancia de familias. La mayoría de las familias reconocidas en el área se consideran tolerantes a las perturbaciones.

El gradiente de perturbación que existe en toda la longitud del cauce principal del Turbio y el tributario Guaremal se correlacionó con una menor riqueza y diversidad de familias, donde Diptera representa el orden más importante ya que contiene el mayor número de familias (once familias), de las cuales destaca Chironomidae. Esta familia presenta ciertos rasgos biológicos como alta fecundidad, ciclos de vida cortos y emergencia continua, los cuales le han permitido tener una amplia capacidad de adaptación a diferentes condiciones del hábitat y tolerar altos niveles de contaminación en las aguas (García et al. 2008).

Los dípteros Simuliidae fue la segunda familia con mayor representación por su abundancia y se distribuyó en todos los tributarios. Otras familias como Baetidae, Leptohyphyidae e Hydropsychidae se registraron en toda la cuenca y, además, fueron abundantes. Estas familias, al igual que los Chironomidae, son capaces de tolerar la baja concentración de oxígeno y el enriquecimiento de nutrientes (Barrios y Rodríguez-Olarte 2013). Las comunidades de insectos acuáticos en la cuenca del Turbio y sus afluentes son susceptibles al gradiente en la estructura del hábitat y sus atributos son respuesta al estado de conservación de los cauces. En la cuenca alta de río Claro existe buen estado de conservación y elevada riqueza y diversidad de familias. En contraste, el Turbio y Guaremal mostraron una disminución en su integridad, presumiblemente por la alteración en el régimen de perturbaciones y la simplicidad de las comunidades de insectos acuáticos.

b. Ictiofauna: En la cuenca del río Turbio se reconocieron 54 especies, en su mayoría registradas en los tributarios al este y al sur, pero las prospecciones aún no son definitivas. Dos órdenes de peces predominan: los Characiformes, con 22 especies, representados principalmente por los Characidae (14 sp), y los Siluriformes con 24 especies, siendo más abundantes los Loricariidae (15 sp). En las cuencas vecinas (Acarigua, Guache y Chirgua) los registros en colecciones biológicas y el conocimiento sobre la distribución de los peces sugieren que entre la transición de los llanos altos y piedemontes (>250 msnm) con las montañas habitan cerca de 95 especies ubicadas en 29 familias.

En los piedemontes y montañas de los ríos Claro y Turbio (> 700 msnm) se han registrado sólo 12 especies de peces en diez familias (*Bryconamericus cis-montanus*, *Creagrutus taphorni*, *Lebiasina erythrinoides*, *Poecilia reticulata*, *Crenicichla geayi*, *Rhamdia quelen*, *Chaetostoma dorsale*, *Chaetostoma milesi*, *Farlowella acus*, *Hypostomus plecostomoides*, *Batrochoglanis raninus*, *Trichomycterus cf arleoi* y *Trichomycterus* sp "Turbio"), lo que representa

un número sensiblemente menor al estimado para ese intervalo de altura (~ 30 especies, Rodríguez-Olarte y Barrios 2014). Es usual que estas comunidades tengan un gradiente creciente en la riqueza de especies según se desciende hacia las planicies, pero este gradiente se trunca pues la contaminación de los cauces sugiere que muy pocas especies sobreviven en los valles del Turbio y de Las Damas, donde existe la mayor concentración de contaminantes. En las montañas las comunidades de peces son más simples y su abundancia disminuye en un gradiente regido por la depauperación. Rodríguez-Olarte y Barrios (2014) reconocieron que las comunidades de peces fueron más simples y con menor riqueza en localidades con menor estado de conservación.

La diversidad de peces en los ríos Turbio y Claro se encuentra en situación de riesgo, pues algunas de esas especies se restringen sólo a las montañas, lo que supone poblaciones únicas y relictuales (residuales) que tendrían poco o nulo intercambio efectivo con el resto de los tributarios. Es previsible que este fenómeno ocurra en varios cauces de montaña a lo largo de las cuencas andinas con intervención humana. Al norte de la cuenca se registra la menor riqueza y abundancia de especies (*Bryconamericus*, *Lebiasina*, *Poecilia*) y se prevé que la mayor parte de esas poblaciones será extirpada en el mediano plazo, pues los hábitats han sido progresivamente eliminados por el efecto conjunto de la intervención humana y el clima.

Las planicies al norte han sido sometidas a una violenta expansión de la frontera urbana y los efluentes locales no son tratados antes de ser vertidos a los cauces, que de usual son muy pequeños y de carácter intermitente o eventual. En los drenajes al este (Nuare y Buría) y al sur (Pilancones y El Altar) la riqueza alcanza un poco más de 40 especies, según los muestreos y los registros de colecciones biológicas. Esos tributarios tienen poblaciones fragmentadas por la barrera que ofrece el hábitat depauperado del río Turbio. Tal barrera se magnifica durante el periodo de sequía, y debe perjudicar los ciclos de migraciones y los eventos reproductivos de las especies en el piedemonte llanero (Rodríguez-Olarte y Kossowski 2004), más aún si algunas son especies sensitivas. Acaso tal situación explique la ausencia de especies migratorias regionales (*Prochilodus mariae*, *Brycon whitei*, *Salminus* sp, por ejemplo).

Es posible que la menor concentración de contaminantes en el tramo final del río Turbio durante el periodo de lluvias permita la dispersión o colonización de varias especies entre el cauce principal y sus tributarios, pero en el período de sequía la depauperación del hábitat acuático es excesiva, incluso hasta cuando el río ingreso los llanos altos, donde se desvían

parte de sus aguas para el embalse Las Majaguas (~4.250 ha). En este embalse evidenciado mortandades periódicas de varias especies de peces, mucha con importancia comercial (ej. *Pygocentrus cariba*, *Caquetaia kraussii*, *Colossoma macropomun*, *Hoplias malabaricus* y *Prochilodus mariae*), y se estima que su recurrencia tiene relación con los niveles de contaminación del río Turbio.

La creciente fragmentación y pérdida de hábitat en la cuenca compromete la conservación de la ictiofauna, principalmente en las tierras bajas, donde es usual la mayor riqueza de especies. La ubicación y extensión de los parques nacionales en la cuenca ofrece protección directa sólo a pocas especies propias de cuencas altas; además, tales especies pueden tener una susceptibilidad elevada frente a los cambios en la precipitación, caudales y temperatura de las aguas asociadas con el cambio climático (Rodríguez-Olarte y Barrios 2014), y a esto se suma una importante extracción de agua en todos los cauces.

4. EL SÍNDROME URBANO DEL RÍO TURBIO

En la cuenca del río Turbio la intervención de los ríos es variable: baja y moderada en las cabeceras al norte y al este, mientras que es elevada y extrema en los tributarios al norte y en las planicies. Sin embargo, una buena parte de los ríos o tramos de los mismos demostraron un severo compromiso por la intervención extrema y pérdida generalizada de la integridad del ecosistema fluvial, sugiriendo un colapso del mismo. Las condiciones y eventos que originan la depauperación del río Turbio tienen condición de permanencia y periodicidad, y se estima que sus efectos han alterado los atributos del ecosistema fluvial, sugiriendo la presencia de un síndrome de los ríos urbanos. Los efectos de la urbanización y la agricultura en la degradación del hábitat fluvial y las comunidades asociadas son conocidos ampliamente, y en muchos casos tales alteraciones son muy difíciles de remediar o revertir (Booth 2005). Así, el síndrome de los ríos urbanos se expresa en la alteración permanente y cuantificable de la hidrología, la química del agua, la morfología del cauce, la proporción y descomposición de la materia orgánica y los atributos de algas, insectos y peces, entre otros. Los síntomas de estas alteraciones incluyen crecidas extraordinarias, concentraciones elevadas de nutrientes y contaminantes, cauces transformados y reducción de la riqueza biótica, usualmente con el incremento de poblaciones de especies tolerantes y la homogeneización de las comunidades de peces y la pérdida de su integridad (Walsh et al. 2005). Si bien la riqueza de especies de plantas y animales tiende a reducir en casos de

urbanización extrema, frente a perturbaciones moderadas (ej. áreas suburbanas) las respuestas pueden ser variables, principalmente por las características de la cuenca hidrográfica (McKinney 2008). Varias de las perturbaciones y síntomas descritas en el síndrome son percibidas en el río Turbio y varios de sus tributarios (Tabla 2). Estas evidencias ocurren de manera periódica o son permanentes, destacando:

- a. La modificación en la morfología de los cauces (erosión, amplitud y colmatación), las elevadas concentraciones de sedimentos en las aguas y la depauperación de las riberas.
- b. La extracción de agua de la mayoría de los cauces, (incluyendo transformación de cauces, acequias, tuberías) hacia centros urbanos y áreas de producción agropecuaria.
- c. La presencia de efluentes urbanos y agroindustriales no tratados y que son vertidos directamente en la red de alcantarillado o en los cauces.
- d. La deforestación de las cuencas altas, los bosques ribereños y las planicies, siendo extensa y creciente en el tiempo, incluso dentro de las áreas protegidas.
- e. El deterioro de las aguas en el río Turbio y sus tributarios y usualmente por encima de los límites permisibles, principalmente en las planicies de la conurbación. La contaminación se extiende a todo el hidrosistema, zonas de ribera y planicies de inundación. La pérdida y fragmentación de ecosistemas y hábitats fluviales, así como la retracción de comunidades y poblaciones (bosques, insectos acuáticos y peces). El fenómeno es general en todos los cauces asociados con los centros urbanos, elevado en los cauces bajo la influencia agropecuaria y perceptible en las áreas protegidas. Los tributarios con estado de conservación elevado tienen poblaciones de peces residuales y se consideran en situación de riesgo.

Por otro lado -considerando el papel gubernamental y la participación para la autogestión comunitaria para la conservación del río Turbio- se reconocen diferentes evidencias, todas con mal pronóstico:

- a. No hay aplicación de medidas adecuadas para la atenuación de las perturbaciones o para la restauración de los atributos de los ecosistemas fluviales.
- b. No hay aplicación de programas de aprovechamiento adecuado de los recursos hidrobiológicos fluviales en la cuenca. Existen planes permanentes de extracción de agua de los cauces y subterráneas con fines de uso potable.

- c. No hay tratamiento adecuado de aguas servidas. Sin embargo, son varios y diferentes los proyectos para la construcción de plantas de tratamiento de aguas, pero aún esperan por su desarrollo.
- d. Hay acciones puntuales de reforestación (e.j. misión Árbol) pero no se evidencia la disminución de las causas que originan la deforestación y la aplicación de programas de restauración para los bosques ribereños y cuencas hidrográficas.

Existe un consenso técnico para incrementar y mejorar el entendimiento de la susceptibilidad y la resistencia de los ecosistemas fluviales frente al régi-

men de perturbaciones urbanas y agropecuarias para favorecer su monitoreo, restauración y conservación (Utz et al. 2016). Lo anterior sugiere la necesidad de caracterizar las diferencias locales y regionales en los mecanismos de deterioro de ríos urbanos, así como también las consideraciones para su manejo, con lo cual se dispondría de bases de datos con utilidad comprobada para el biomonitoreo. Una revisión primaria indica que muchos ríos son candidatos a ser evaluados en torno al síndrome urbano, principalmente aquellos asociados con los grandes centros urbanos, de usual capitales de estado. En la cuenca del Lago de Maracaibo están los ríos Apón (Machiques),

Tabla 2. Principales síntomas asociados con el síndrome de ríos urbanos y su ocurrencia en el río Turbio (↑: incremento, ↓: disminución). Modificado de Walsh et al. (2005) y Komínková (2012). Síntomas con evidencias en el área pero sin registros disponibles para comprobar la variación (+) y sin evidencias perceptibles o periódicas (○).

| Aspectos | Síntomas | Ocurrencia Río Turbio | Observaciones para cada aspecto |
|----------------------|--|-----------------------|---|
| Hidrología | ↑ Frecuencia de inundaciones | ○ | Última crecida extraordinaria a finales del periodo de sequía (abril de 1999). En sequía el Turbio es intermitente en la conurbación y el caudal es suplido por aguas residuales y tributarios (La Ruezga). |
| | ↑ Frecuencia de flujos erosivos | + | |
| | ↑ Magnitud de crecientes | ○ | |
| | ↓ tiempo de retraso para caudal máximo | ○ | |
| | ↑ tiempo del hidrograma de tormenta | ○ | |
| | Cambios en la magnitud del caudal base | + | |
| Aguas y sedimentos | ↑ Concentración de nutrientes (P, N) | ↑ | Adan (2010), Chirinos (2010), Adan et al. (2014), Rodríguez-Olarte y Barrios (2014), República Bolivariana de Venezuela (2010). Este trabajo |
| | ↑ Concentración de sustancias tóxicas | ↑ | |
| | ↑ Temperatura | ↑ | |
| | ↑ Concentración de materia suspendida | ↑ | |
| | ↓ Retención de materia orgánica | ○ | |
| Morfología de cauces | ↑ Amplitud de cauce | ↑ | Pérdida de mesohábitats y predominio de corrientes. García (2012), Pérez (2016) Barrios y Rodríguez-Olarte (2013), Rodríguez-Olarte y Barrios (2014), Este trabajo. |
| | ↑ Profundidad de pozos | ○ | |
| | ↓ Estabilidad de cauce taludes) | ↓ | |
| | ↑ Socavación (cauce y taludes) | ↑ | |
| | Homogeneización a granulometrías finas | ↑ | |
| | Perturbación en la continuidad del río | ↑ | |
| | Cambios en procesos de sedimentación | ↑ | |
| Invertebrados | ↑ Número de especies tolerantes | ↑ | Barrios y Rodríguez-Olarte (2013). Este trabajo |
| | ↓ Número de especies sensitivas | ↓ | |
| | ↓ Número de depredadores | ↓ | |
| Peces | Riqueza total de especies | ↓ | Poblaciones residuales. Rodríguez-Olarte y Barrios (2014), Registros de CPUCLA en 2015. Este trabajo. |
| | ↓ Número de especies sensitivas | ↓ | |
| | ↑ Número de especies tolerantes | ↑ | |
| | Cambios en la abundancia total | ↑ | |
| | Cambios en la biomasa total | + | |

Chama (Mérida), Motatán (Valera). En la vertiente Caribe destacan los ríos Coro (Coro), Tocuyo (El Tocuyo), Yaracuy (San Felipe), quebrada Tacagua (La Guaira), Tuy-Guaire (Caracas, Valles del Tuy), Neverí (Barcelona), Manzanares (Cumaná) y El Valle (Porlamar, isla de Margarita). Al norte de la cuenca del Orinoco destacan los ríos Torbes (San Cristobal), Santo Domingo (Barinas), Guanare (Guanare), Acarigua (Acarigua), Cojedes (El Baúl), Guárico (Calabozo) y Apure (San Fernando), entre otros.

Las necesidades para tales evaluaciones se basan primero en reconocer las características de los atributos del clima, geología y diversidad biológica locales que los hacen susceptibles o resistentes frente a la depauperación. Partiendo de esta premisa, es necesario caracterizar espacial y temporalmente el síndrome urbano y su relación con ecosistemas de referencia regionales para reconocer gradientes (estados de conservación o integridad), esto incluye reconocer y cuantificar las variables que son susceptibles y resistentes a determinados impactos, incluso la respuesta en conjunto (resiliencia) para valorar y clasificar su estado, pero también sus opciones de restauración y monitoreo. Sin embargo, por encima de tales evaluaciones es muy relevante conocer y valorar la participación ciudadana en cuanto a la incorporación de contenido ambiental específico para la conservación de los ríos de manera transversal en los programas educativos formales.

Agradecimientos

Este trabajo es resultado parcial de la información generada en los proyectos de investigación (002-AG-2012, 004-AG-2015) auspiciados por el Museo de Ciencias Naturales (Colección Regional de Peces) y el Consejo de Desarrollo Científico, Humanístico y Tecnológico de la Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado. Agradecemos las observaciones de José Vicente Montoya y los árbitros anónimos.

5. REFERENCIAS

Abarca, O. 1991. *Planificación del aprovechamiento del Embalse Las Palmas sobre el río Cojedes, estado Cojedes*. Tesis de grado. Maestría en Desarrollo de Recursos de Aguas y Tierras. Centro Interamericano para el Desarrollo Integral de Aguas y Tierras. CIDIAT. Mérida, Venezuela.

Adan, G. 2010. *Evaluación fisicoquímica de la contaminación por descargas de aguas residuales en la subcuenca media y baja del río turbio*. Trabajo especial de Grado, Departamento de Investigación y Postgrado, Instituto Universitario Experimental de Tecnología Andrés Eloy Blanco, Barquisimeto, Venezuela.

Adan, G., Marcó, L. M., Guédez, M., Colmenarez, A., Asuaje, J., Torres, G., Segura, I., Rojas, J. y Durán, R. 2014. Línea de tiempo de parámetros físico-químicos del agua del río Turbio para la gestión mediante el mo-

delo ARCAL-RLA 010. *Observador del Conocimiento*. 2:6.

Andara, A. J. 1987. *Estudio Geoquímico de la Contaminación de la Sub-Cuenca Alta del río Turbio*. Trabajo especial de grado, Escuela de Química, Facultad de Ciencias, Universidad Central de Venezuela, Caracas, Venezuela.

Barrios, M. y Rodríguez-Olarte, D. 2013. Hábitat fluvial e insectos acuáticos indicadores del estado de conservación en la cuenca alta del río Turbio, en el estado Lara, Venezuela. *Bioagro*. 25(3): 151-160.

Booth, D. B. 2005. Challenges and prospects for restoring urban streams: a perspective from the Pacific Northwest of North America. *Journal of the North American Benthological Society*. 24: 724-737.

Booth, D. B., Roy, A. H., Smith, B. y Capps, K. A. 2015. Global perspectives on the urban stream syndrome. *Freshwater Science*. 35(1):412-420.

Chirinos, F. 2010. *Calibración del modelo hidrodinámico (programa wasp 7.4) y kit de acuicultor para la caracterización fisicoquímica de las subcuencas media y baja del Río Turbio*. Trabajo de Grado, Ingeniería Agronómica, Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado Decanato de Agronomía, Cabudare, Venezuela.

Colonnello, G., Grande J. y Oliveira-Miranda, M. 2014. Distribución, estructura y composición florística de los bosques de palmas (chaguaramales) de la cuenca del río Aroa, Venezuela. *Acta Biológica Venezuelica*. 34(1):35-60

COPLANARH. 1969. *Inventario nacional de aguas superficiales. Volumen I*. Comisión del plan nacional de aprovechamiento de los recursos hidráulicos. COPLANARH. Venezuela. 126 p.

Espinosa-Blanco, A. y Seijas, A. E. 2012. Declinación poblacional del caimán del Orinoco (*Crocodylus intermedius*) en dos sectores del sistema del río Cojedes, Venezuela. *Ecotrópicos*. 25(1):22-35.

Fernández Cirelli, A. y Du Mortier, C. 2005. Evaluación de la condición del agua para consumo humano en Latinoamérica. (pp: 11-26) En: *Posibilidades de nuevas tecnologías para la provisión de agua segura*. UNSAM. Argentina.

Froehlich, C. G. 2009. Plecoptera. (pp: 145-166). En: Domínguez, E. & Fernández, H. (Eds.). *Macroinvertebrados acuáticos de Suramérica. Sistemática y Biología*. Fundación Miguel Lillo. Tucumán. Argentina.

Gaceta Oficial de la República de Venezuela. 1995. N° 5021, Decreto N° 883: Normas para la clasificación y el control de la calidad de los cuerpos de aguas y vertidos o efluentes líquidos.

García, E. 2012. *Análisis espacio temporal de la cobertura y usos de la tierra relacionados a las áreas protegidas de la cuenca del río Turbio (estado Lara) mediante sistemas de información geográfica con fines de manejo de cuencas hidrográficas*. Trabajo especial de grado. Departamento de Ciencias Biológicas. Decanato de Agronomía. Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado. Barquisimeto, Venezuela.

García, L.; Delgado, C. y Pardo, I. 2008. Seasonal changes of benthic communities in a temporary stream of Ibiza (Balearic Island). *Limnetica*. 27(2): 259-272.

González-Oropeza, K., Lasso, C. y Lasso-Alcalá, O. 2015. Ictiofauna dulceacuícola de la cuenca del río Tuy, vertiente Caribe (Venezuela): composición, uso y conservación. (pp: 393-410). En: Lasso, C. A., J. F. Blanco-Libreros y

- Sánchez Duarte, P (Eds.). *XII. Cuencas pericontinentales de Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela: tipología, biodiversidad, servicios ecosistémicos y sostenibilidad de los ríos, quebradas y arroyos costeros*. Serie Editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH). Bogotá, D. C., Colombia.
- Google. 2015. Google earth Pro. (<http://www.google.com/earth/download/gep/agree.html>). Versión 7.1.5. 1557 accedida 2015.
- Hawley, R. J. y Vietz, G. J. 2016. Addressing the urban stream disturbance regime. *Freshwater Science*. 35(1):278-292.
- Instituto Nacional de Estadística. 2014a. *XIV censo nacional de población y vivienda: resultados por entidad federal y municipio del estado Lara*. Caracas, Venezuela.
- Instituto Nacional de Estadística. 2014b. *XIV censo nacional de población y vivienda: resultados por entidad federal y municipio del estado Yaracuy*. Caracas, Venezuela.
- Komínková, D. 2012. The Urban Stream Syndrome -a Mini- Review. *Open Environmental and Biological Monitoring Journal*. 5: 24-29.
- López, M. J. y Andressen, R. 1996. Caracterización climática de las cuencas de los ríos Yacambú y Tocuyo en el ramal andino de la región centro occidental de Venezuela. *Bioagro*. 8: 87-95.
- Machado-Allison. 2017. La conservación de ambientes acuáticos: petróleo y otras actividades mineras en Venezuela. Capítulo 9. (pp: 189-201). En: Rodríguez-Olarte, D. (Ed.). *Ríos en riesgo de Venezuela. Vol. I*. Colección Recursos hidrobiológicos de Venezuela. Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado (UCLA). Barquisimeto, Lara. Venezuela.
- Mazzucconi, S. A., López, M. L. y Bachmann, A. O. 2009. Hemiptera-Heteroptera: Gerromorpha y Nepomorpha. (pp: 167-232) En: Domínguez, E. y Fernández, H. (Eds.). *Macroinvertebrados acuáticos de Suramérica. Sistemática y Biología*. Fundación Miguel Lillo. Tucumán. Argentina.
- McKinney, M. L. 2008. Effects of urbanization on species richness: A review of plants and animals. *Urban Ecosystems*. 11: 161-176.
- Meyer, J. L., M. J. Paul, y Taulbee, W. K. 2005. Stream ecosystem function in urbanizing landscapes. *Journal of the North American Benthological Society*. 24: 602-612.
- Pérez, F. 2016. *Evaluación de la cobertura de la tierra en el monumento natural María Lionza y su área de influencia y su relación con la conservación de los ecosistemas fluviales*. Trabajo especial de grado. Departamento de Ciencias Biológicas. Decanato de Agronomía. Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado. Barquisimeto, Venezuela.
- República Bolivariana de Venezuela. 2010. *Informe especial: Actuación coordinada en el sistema nacional de control fiscal para evaluar los problemas ambientales y el deterioro de las relaciones ecológicas en la cuenca del río más importante de cada entidad federal*. Contraloría General de la República. Caracas. Venezuela.
- Segnini, S. y Chacón, M. M. 2017. El Chama: un río andino en riesgo. Capítulo 8. (pp: 29-58). En: Rodríguez-Olarte, D. (Ed.). *Ríos en riesgo de Venezuela. Vol. I*. Colección Recursos hidrobiológicos de Venezuela. Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado (UCLA). Barquisimeto, Lara. Venezuela.
- Riestra, J. 2017. El Estado y las leyes en la protección de los ríos en Venezuela. Capítulo 11. (pp: 203-219). En: Rodríguez-Olarte, D. (Ed.). *Ríos en riesgo de Venezuela. Vol. I*. Colección Recursos hidrobiológicos de Venezuela. Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado (UCLA). Barquisimeto, Lara. Venezuela.
- Rodríguez-Olarte, D. y Barrios, M. 2014. Gradientes, estabilidad y estado de conservación de peces en la cuenca alta del río Turbio, vertiente andina del Orinoco, Venezuela. *Revista de Biología Tropical*. 62 (3): 987-996.
- Rodríguez-Olarte, D., y K. Kossowski. 2004. Reproducción de peces y consideración de ambientes en eventos de crecidas en el río Portuguesa, Venezuela. *Bioagro*. 16(2): 143-147.
- Romero, F. y Navarro, F. 2009. Lepidoptera. (pp: 309-340). En: Domínguez, E. & Fernández, H. (Eds.). *Macroinvertebrados acuáticos de Suramérica. Sistemática y Biología*. Fundación Miguel Lillo. Tucumán. Argentina.
- Segnini, S. y Chacón, M. M. 2017. El Chama: un río andino en riesgo. Capítulo 8. (pp: 29-58). En: Rodríguez-Olarte, D. (Ed.). *Ríos en riesgo de Venezuela. Vol. I*. Colección Recursos hidrobiológicos de Venezuela. Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado (UCLA). Barquisimeto, Lara. Venezuela.
- Urdaneta, C. 1989. *Diagnóstico de Contaminación a Nivel Urbano-Industrial de la Cuenca del río Turbio*. Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables (MARNR), Barquisimeto, Venezuela.
- Utz, R., K. Hopkins, L. Beesley, D. B. Booth, R. J. Hawley, M. Baker, M. C. Freeman, y Jones, K. L. 2016. Ecological resistance in urban streams: the role of natural and legacy attributes. *Freshwater Science*. 35(1):380-397.
- Von Ellenrieder, N. y Garrison, R. 2009. Odonata, Capítulo (pp: 495-143). En: Domínguez, E. y Fernández, H. (Eds.). En: Domínguez, E. & Fernández, H. (Eds.). *Macroinvertebrados acuáticos de Suramérica. Sistemática y Biología*. Fundación Miguel Lillo. Tucumán. Argentina.
- Vörösmarty, C. J., McIntyre, P. B., Gessner, M. O., Dudgeon, D., Prusevich, A., Green, P., Glidden, S., Bunn, S. E., Sullivan, C. A., Reidy Liermann, C. y Davies, P. M. 2010. Global threats to human water security and river biodiversity. *Nature*. 467: 555-561
- Walsh, C. J., Roy, A. H., Feminella, J. W., Cottingham, P. D., Groffman, P. M., y Morgan, R. P. 2005. The urban stream syndrome: current knowledge and the search for a cure. *Journal of the North American Benthological Society*. 24: 706-723.